

逆洗時ろ砂のトラフよりの流出について

大阪工業大 本原 敏

1. はじめに

急速ろ過池のろ砂が流失して砂厚が減少するトラブルが多い。酷い処では約20%に当たる10cmもろ層表面が低下して、このため表面洗浄の水流がとどかず、洗浄が徹底しないためマッドボールをつくる原因になっている。流失の原因は逆洗時に洗浄污水に粉れてトラフから流失するのであって、特にアンスラサイトを用了た複層ろ層に多い。さらにトラブルの事例を調べると、従来、珪砂だけの単層ろ過であったものの上にアンスラサイトを載せた、いわゆる改造型の複層ろ過にトラブルが多いようであった。

一方、洗浄排水を衆取するためのトラフの設計については水道施設設計指針・解説にトラフの断面についてわずかに水理的説明がある他、トラフ間隔、砂面との間隔に経験的表示があるのみである。

逆洗によるろ砂の流失は現象としては沈降速度と流出速度とのバランスによって生じる。したがってトラフ堰頂近傍の吸引力に負ける粒子はそのまま吸い上げられて流出するので、粒子沈降速度を超える接近流速の存在範囲から砂をはずすようにトラフを配置することが必要になる。すなわち、吸引流速の関係からトラフ間隔、逆洗浄による砂層膨脹面からトラフ下面までの距離を適正に定めることが重要である。

2. トラフ堰頂近傍の砂粒子の運動

トラフ近傍の逆洗流れはトラフ堰頂を中心点とする求心流と考え、直径 ϕ 、沈降速度 W とすると

$$dr / \{ W_i \cdot \sin \theta - q / (r \cdot \theta_0) \} = r \cdot d\theta / W_i \cdot \cos \theta \quad \dots (1)$$

$$\theta = \theta_0, \quad r = r_c \text{ として}$$

$$r = \{ (q / W_i) (1 - \theta / \theta_0) + r_c \cdot \cos \theta_0 \} / \cos \theta \quad \dots (2)$$

3. トラフ外壁面に接する粒子の釣合い条件

砂粒子がトラフ外壁面に接して位置する時、 $W_i = U_r$ であれば
 $\theta_0 = \pi/2$ で壁面と粒子との摩擦は無視すると釣合いの条件は

$$W_i = U_r \quad \dots (3)$$

このときの r を r_c として W_i にAllenの式を用いると

$$q / (r_c \cdot \theta_0) = [(\rho_s - \rho_0) g / 18 \rho_0]^{2/3} \nu^{-1/3} \phi_i \quad \dots (4)$$

$$r_c = (q / \theta_0 \phi_i) [(\rho_s - \rho_0) g / 18 \rho_0]^{-2/3} \nu^{1/3} \quad \dots (5)$$

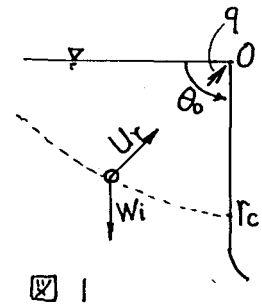


図 1

4. 流失の対象のろ過砂

「水道施設設計指針・解説」ではろ砂の最小粒径は累加百分率1%相当径としているので、粒度分布を対数正規分布とすれば、式(6)～(11)によって1%相当径が求められる。

Satoshi KIHARA

$$\phi_m = \phi_e \cdot C_u^{0.8349421} \quad \dots (11), \quad \phi_e = \phi_m \cdot C_u^{-0.8349421} \quad \dots (12)$$

$$\xi_{0.01} = -\xi_{1-0.01} = -\xi_{0.99} \quad \dots (13)$$

正規分布表より $\xi_{0.99} = 2.32634794$ であるから1%相当径 $\phi_{0.01}$ は

$$\begin{aligned} \phi_{0.01} &= \phi_m \cdot \exp(-2.32634794 \sigma_0) \\ &= \phi_e \cdot C_u^{-0.6806936} \quad \dots (14) \end{aligned}$$

より求められる。

$\phi_{0.01}$ より沈降速度 W_i はAllenの式を用いて

$$W_i = [(\rho_s - \rho_0)g / 18\rho_0]^{2/3} \nu^{-1/3} \phi_i \quad \dots (15)$$

5. 数値演算

数値演算を行なった結果を図-2～5に示した。

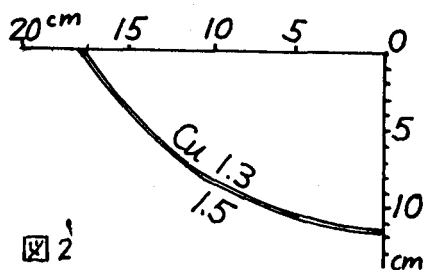


図2

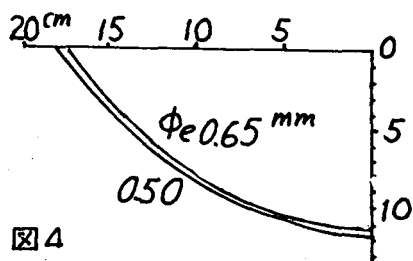


図4

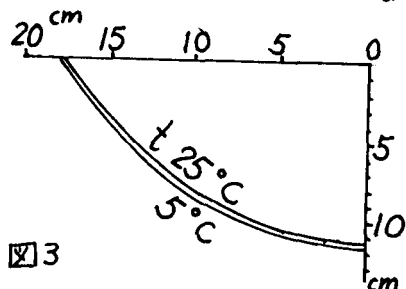


図3

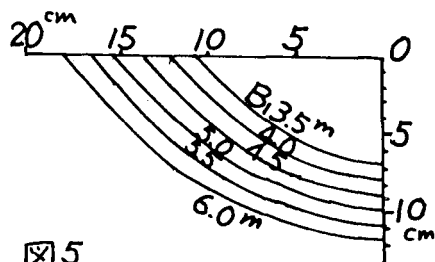


図5

5. 考察

ろ過池の形態は表面洗浄を回転型にとると、1単位はタテ、ヨコ同寸の正方形になるので、通常、この単位の対面並列形式になる場合が多い。

トラフの配置は表面洗浄管の回転円中心を挟んで2本設けられるのが普通であるので、単体のろ過池は図-6のようになるものが多い。

トラフの間隔は分担する単位長さ当り洗浄排水の量によって定まる。したがって必要な洗浄流速、沈降速度によって膨脹砂面からの距離も支配されることになる。

洗浄効果の最適膨脹率を藤田の説によるとすると、約30% になるのでトラフ底はろ層表面から25~30cm の間隔をとらなければならない。そのほか、トラフの形状は深さと幅はなるべく等しいことが望ましい。

有効径が小さくなると当然吸い上げ範囲は大きくなるが、均等係数が大きくなっても吸い上げ範囲が広がる。

さきの設計指針のトラフ間隔はほぼ当を得ているが、アンスラサイトろ材ではやや間隔が大きすぎるように思われる。

以上